



**Rita Margarida
Leopoldina Alves**

Corais: Montagem e Manutenção do Aquário

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia, Biodiversidade e Gestão de Ecossistemas, realizada sob a orientação científica do Doutor Mário Jorge Verde Pereira, Professor Auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais, a quem devo tudo o que sou.

o júri

Presidente

Prof. Doutor Fernando José Mendes Gonçalves
Professor Associado com Agregação do DB da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Ulisses Manuel Miranda Azeiteiro
Professor Auxiliar com Agregação da Universidade Aberta

Prof. Doutor Mário Jorge Verde Pereira
Professor Auxiliar do DB da Universidade de Aveiro (Orientador)

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador, o Doutor Mário pela paciência e voto de confiança.

Agradeço aos meus pais, pelo apoio incondicional, à minha mãe em especial por ser o meu porto seguro em todas as situações. Ao Samuel, por não me deixar desistir.

Um agradecimento muito especial aos meus colegas de trabalho principalmente o Engenheiro João Ribeiro (supervisor do departamento de Engenharia do Oceanário de Lisboa) e o Engenheiro Rogério Dias (responsável pela Gestão Técnica do Oceanário de Lisboa) pela enorme ajuda que me deram e acima de tudo pela amizade e companheirismo.

Palavras-chave:

Ecologia, corais, sistema de suporte de vida, manutenção.

Resumo:

Para cultivar corais é necessário recriar em aquário o ambiente natural onde habitam. Assim sendo há equipamentos e mecanismos que têm de ser estudados e calculados para isso ser possível: são os designados sistemas de suporte de vida.

Foi propósito deste trabalho desenvolver um modelo e descrever equipamentos, metodologias e procedimentos necessários à montagem e manutenção de um tanque modelo para preservação e desenvolvimento de espécies de coral de mares tropicais. É apresentado como exemplo uma espécie de coral mole pertencente ao género *Sarcophyton*.

Key-words:

Ecology, corals, life support system, maintenance.

Abstract:

For farming corals it is necessary recreate in aquarium the natural habitat where they live. Therefore, there are equipment and mechanisms that must have to be study and calculated to make this possible: are named life support systems.

The aim of this work was to develop an model and describe equipments, methodologies, assembly and maintenance of a representative tank for growth and development of corals from tropical seas. Specie of soft coral (*Sarcophyton* spp.) is presented as an example.

ÍNDICE

Capítulo I – Introdução Geral	9
1. Enquadramento do Tema e Objectivo	11
2. Estrutura da dissertação	11
 Capítulo II – Ecologia dos Recifes de Coral, Montagem do Sistema de Suporte de Vida	 13
1. Ecologia dos Recifes de Coral	15
1.1. Biologia	15
1.2. Anatomia dos Corais	16
1.3. Reprodução	16
1.4. Ecologia	17
2. Montagem do sistema de suporte de vida (SSV)	17
2.1. Espécie a cultivar	17
2.2. Equipamentos necessários	18
2.2.1. Bomba Principal	20
2.2.2. Bomba de Calor	20
2.2.3. Escumador de Proteínas	20
2.2.4. Filtro de Cartuxo e Ultra-Violetas	21
2.2.5. Bomba de corrente	21
2.2.6. Skimmer de superfície	21
2.2.7. Filtração biológica	22
2.2.8. Iluminação	22
2.3. Procedimentos de Aquariologia	24
2.3.1. Alimentação	24
2.3.2. Sifonagem do tanque	24
 Capítulo III – Cálculos e Tabelas	 25
1. Cálculos e Tabelas	27

1.1.	Dimensionamento da tubagem do caudal volumétrico principal	27
1.2.	Tubagem do escumador de proteínas (PSK)	30
1.3.	Tubagem bomba de corrente	30
1.4.	Tubagem Filtro de cartuxo e UV	31
1.5.	Bomba de Calor	31
Conclusões		33
Referências Bibliográficas		37

Capítulo I

Introdução Geral

Introdução Geral

1. Enquadramento do Tema e Objectivo

Os recifes de coral são os ecossistemas com maior diversidade e produtividade no planeta. São a maior estrutura biogénica do mundo sendo visíveis do espaço (Mumby & Stenek, 2008). São também dos ecossistemas mais ameaçados: doenças, eutrofização, subida do nível do mar, aquecimento global, acidificação dos oceanos, têm contribuído para o declínio dos recifes nos últimos anos (Lesser, 2007).

O cultivo corais em espaços protegidos no oceano e em aquários será uma forma de proteger estas comunidades vivas e sensibilizar as pessoas para a sua importância.

Foi definido como objectivo deste trabalho desenvolver e descrever os sistemas de suporte de vida adjacentes (equipamentos, metodologias, procedimentos) necessários à montagem e manutenção de um tanque modelo para preservação e desenvolvimento de espécies de coral de mares tropicais. É apresentado como exemplo uma espécie de coral mole pertencente ao género *Sarcophyton*.

2. Estrutura da dissertação

Esta dissertação que se intitula de “Montagem e Manutenção de Aquários de Coral”, está dividida em três capítulos, sendo estes:

Capítulo I, constituído por introdução geral, onde é descrito o enquadramento do tema e os objectivos.

Capítulo II, onde se faz uma breve descrição da ecologia dos recifes de coral, incluindo a biologia destes seres, e um segundo ponto onde é referida toda a parte de montagem e manutenção do aquário.

Capítulo III, apresenta cálculos e tabelas necessárias para dimensionar o sistema de suporte de vida descrito no capítulo anterior.

Por último são apresentadas conclusões e referências bibliográficas.

Capítulo II

Ecologia dos Recifes de Coral
Montagem do Sistema de Suporte de Vida

1. Ecologia dos Recifes de Coral

1.1. Biologia

Os corais pertencem ao filo *Cnidaria* e à classe *Anthozoa*. Estão descritos vários géneros que incluem cerca de seis mil espécies de corais moles e duros (Delbeek & Sprung, 1994^b).

Desenvolvem-se onde as condições favoráveis para o seu crescimento assim o permitem. Existem portanto factores chave que promovem o seu desenvolvimento, sendo estes: a temperatura da água, profundidade, luminosidade, correntes, nível de nutrientes dissolvidos na água e turbidez (Delbeek & Sprung, 1994^a).

Ocorrem em águas de oceanos tropicais, em particular no Oceano Pacífico na região que rodeia o Noroeste da Austrália as Filipinas e Indonésia e no Oceano Índico (Moçambique, Tanzânia, Quénia, Somália, Madagáscar), possuindo algumas áreas grande diversidade, em particular de corais duros (Delbeek & Sprung, 1994^a). Nestas regiões os corais crescem onde a temperatura da água se encontra entre os 25°C e os 30°C (Delbeek & Sprung, 1994^b).

A profundidade é um factor restritivo para o desenvolvimento de recifes de coral visto que muitos corais possuem uma relação simbiótica com microalgas marinhas da classe Dinophyceae e pertencentes ao género *Symbiodinium* (zooxanthellae) (Goreau *et al.*, 1979). Estas algas são organismos autotróficos que, ao efectuarem fotossíntese, fornecem a energia e vários compostos orgânicos necessários ao crescimento do hospedeiro. Por isso a grande parte dos recifes de coral se distribuem no máximo até aos 30 metros de profundidade. Abaixo disto a luminosidade é cada vez menor, impedindo as zooxantelas de efectuarem a fotossíntese. Os corais que possuem zooxantelas são designados de hermatípicos e possuem um crescimento mais rápido e os corais que não contêm estes organismos fotossintéticos denominam-se ahermatípicos tendo um desenvolvimento mais lento (Delbeek & Sprung, 1994^a).

1.2. Anatomia dos Corais

Os corais existem sob a forma de pólipos nos quais a parede celular consiste em dois tipos de tecido: no exterior fica a epiderme que protege o animal e no interior fica a camada que reveste a cavidade corporal e é designada por gastroderme. A gastroderme realiza a digestão e produz células reprodutoras. Entre estas duas camadas existe uma camada gelatinosa denominada de mesogleia. Os tentáculos possuem cnidócitos (células urticantes) utilizados para defesa e captação de alimento. O número e a disposição dos tentáculos varia de grupo para grupo. Os pólipos de todos os corais moles têm oito tentáculos daí serem também chamados de octocorais, os hexacorais possuem tentáculos dispostos em múltiplos de seis (Goreau *et al.*, 1979).

1.3. Reprodução

Os corais podem reproduzir-se assexuadamente e sexuadamente (Delbeek & Sprung, 1994^b).

A reprodução assexuada é a mais comum em aquários. Esta acontece por fragmentação, onde a colônia mãe fragmenta pequenas partes de tecido com pólipos que se vão fixar a rochas continuando o seu crescimento. Fissão longitudinal é outra forma de reprodução assexuada onde os corais se dividem em dois ficando ligados pelo pedúnculo (Delbeek & Sprung, 1994^b).

Na reprodução sexuada existem três tipos principais:

- Difusão na água (*Broadcast spawning*): os corais libertam os gametas na coluna de água onde ocorre a fertilização.
- Fertilização e desenvolvimento interno (*Internal Brooding*): a fertilização é interna e as plânulas iniciam aí o seu desenvolvimento sendo posteriormente libertadas.
- Desenvolvimento externo (*External Brooding*): é semelhante à fertilização interna, com a exceção de que os ovos fertilizados se desenvolvem no exterior, ligados à mucosa externa do pólipo-mãe (Delbeek & Sprung, 1997, vol 2).

1.4. Ecologia

Um recife de coral é um sistema ecológico de grande diversidade existindo uma enorme complexidade nas relações entre os organismos que dele fazem parte (Fossa & Nilsen, 1996).

Os produtores primários necessitam de luminosidade e dióxido de carbono para realizarem a fotossíntese, libertando oxigénio e hidratos de carbono. Exemplo de produtores primários são as algas e microalgas como as zooxantelas já referidas anteriormente. Na ausência das condições ideais para o processo de fotossíntese, os organismos autotróficos passam a consumir mais oxigénio do que aquele que produzem (Fossa & Nilsen, 1996).

A concentração de nutrientes dissolvidos na água é de extrema importância para o crescimento dos corais. O azoto e o fósforo são necessários visto serem utilizados pelas microalgas para produção de compostos orgânicos. O cálcio disponível na água é absorvido pelos pólipos por difusão activando o mecanismo de calcificação. O esqueleto dos corais é composto por aragonite, uma forma fibrosa e cristalina do carbonato de cálcio (Fossa & Nilsen, 1998).

As zooxantelas também podem ajudar na taxa de calcificação visto que ao fixarem o dióxido de carbono, promovem um aumento na concentração de iões carbonato nas células dos pólipos de corais e portanto um aumento do pH do fluído das células tornando-o mais alcalino. A precipitação do excesso de iões carbonatos sob a forma de carbonato de cálcio insolúvel habilita à normalização do pH ao mesmo tempo que ajuda no desenvolvimento do esqueleto (Goreau *et al.*, 1979).

2. Montagem do sistema de suporte de vida (SSV)

2.1. Espécie a cultivar

Para cultivar e manter uma espécie em cativeiro é de máxima importância recriar o ambiente natural em que vivem. Especialmente se a estivermos a cultivar em sistema fechado e num clima completamente diferente do habitat da espécie.

Desta forma é necessário recorrer a equipamentos e bombas que possibilitem a simulação do habitat (Delbeek & Sprung, 1997).

Pretende-se então cultivar um coral mole do género *Sarcophyton*, mais especificamente o Coral-Couro-Cogumelo. Em meio natural esta espécie pode crescer até um diâmetro de 1,5 metros, existe até uma profundidade de 50 metros e distribui-se pelas águas do mar Vermelho, Oceano Índico e centro do Pacífico. Possui zooxantelas de coloração bege, castanha, verde ou amarela (Veron, 2000). É uma espécie fácil de cultivar uma vez que a sua forma primária de reprodução é assexuada, possuindo tendência para formar clones junto da base do pedúnculo. É portanto fácil de capturar clones filhos e colocá-los em aquário (Ellis, 1999). Esta captura normalmente faz-se com a ajuda de uma pequena faca. Cuidadosamente, fazendo alguma pressão na base do pé, facilmente se solta o clone (Ellis, 1999). Para se introduzir o coral juvenil no aquário há que fixá-lo a um suporte rígido de rede com a ajuda de uma linha e agulha (Ellis, 1999).

2.2. Equipamentos necessários

No oceano, a renovação de água é feita de forma contínua pelas correntes e pelas marés, em aquário deve ser montado um sistema de suporte de vida (figura 1) que envolve a renovação e circulação de água promovida através de bombas e tubagens. As tubagens utilizadas na montagem do sistema de suporte de vida serão todas em PVC (Policloreto de Vinila), bem como todos os acessórios e válvulas necessários. No capítulo III são apresentados de forma sucinta os cálculos e tabelas para encontrar o diâmetro das tubagens a utilizar bem como os cálculos para a bomba de calor.

2.2.1. Bomba Principal

O tanque representado na figura 1 tem um volume de $1,5 \text{ m}^3$. Pretende-se que toda a água do tanque seja renovada pelo menos três vezes por hora de forma a se obter uma boa qualidade de água. Assim escolheu-se um caudal principal de $6 \text{ m}^3/\text{h}$, o que significa que toda a água é renovada em 15 minutos. A designação FP refere-se à bomba de caudal principal (FP – Flow pump), por aqui passa o caudal principal de renovação de água do tanque.

2.2.2. Bomba de Calor

Da tubagem da bomba principal há uma derivação para a bomba de calor por onde passam 1 m^3 de água por hora. Esta bomba de calor está preparada para aquecer ou arrefecer o tanque consoante a temperatura ótima a que o tanque tem de estar e a temperatura ambiente. Neste caso a temperatura ótima do tanque são 25°C uma vez que estamos a trabalhar com uma espécie tropical. A temperatura ambiente considerou-se 30°C (tendo em conta que se estaria a montar o tanque num ambiente também tropical). Como a temperatura ambiente é superior à temperatura do tanque, a bomba de calor servirá apenas para arrefecer. Terá então as mesmas funcionalidades de um *Chiller* (arrefecedor de água).

Com um caudal de $1 \text{ m}^3/\text{h}$ consegue-se que toda a água do tanque passe pela bomba de calor, numa 1h30min o que para um tanque desta dimensão é suficiente.

2.2.3. Escumador de Proteínas

Do caudal principal, existe outra derivação que vai ter ao escumador de proteínas (na figura 1 assinalado como PSK, do inglês Protein skimmer).

Pelo escumador passam $2 \text{ m}^3/\text{h}$ de água. Aqui, através da escumação (formação de espuma no cone), e como o próprio nome indica, é retirada toda a matéria orgânica que resta da alimentação bem com outras partículas em suspensão, excreções, etc. O escumador de proteínas funciona com injeção de

ar captado do exterior através de um caudalímetro de ar. Este ar ao entrar em contacto com a água dentro do escumador, cria um turbilhão que pelo interface ar-água promove a formação de espuma que ao ser libertada ajuda na limpeza e qualidade da água do tanque.

A este equipamento está obrigatoriamente agregada uma pequena bomba denominada bomba de Venturi que faz a mistura do ar com a água.

2.2.4. Filtro de Cartuxo e Ultra-Violetas

Da bomba principal seguem também 3 m³/h que irão passar pelo filtro de cartuxo e pelo ultra-violeta.

No filtro de cartuxo é assegurada a filtração mecânica, isto é, todas as partículas de maior dimensão ficarão retidas neste filtro que é substituído consoante a necessidade e consoante a perda de caudal (promovido pela colmatção do filtro).

Os ultra-violetas funcionam como um controlo microbiológico, visto que esterilizam parcialmente a água que por eles passa. É para isto utilizada uma lâmpada UV própria para aquários, que será substituída de 6 em 6 meses.

2.2.5. Bomba de corrente

Esta bomba existe para simular as correntes que existem no habitat natural dos corais. Aqui o caudal de corrente é de 15m³/h. Permite movimentar a água e na alimentação auxilia na distribuição do alimento.

2.2.6. Skimmer de superfície

No tanque existe um skimmer de superfície que forma uma cascata que cai directamente numa SUMP. A cascata formada (18m³/h) ajuda a oxigenar a água e limpar superficialmente o tanque. A SUMP consiste num reservatório situado por baixo do tanque. A água do skimmer cai directamente numa secção da SUMP que possui um material filtrante à superfície – draclon® (material sintético).

Posteriormente através de uma placa de PVC perfurada, a água previamente filtrada para o filtro biológico.

2.2.7. Filtração biológica

A filtração biológica será levada a cabo pela denominada rocha viva. A rocha viva é composta por esqueletos de coral mortos e conchas onde rodófitas do género *Corallina* se incrustou. Aqui pode ocorrer nitrificação e desnitrificação o que conduz a um equilíbrio químico no tanque.

É da SUMP que é aspirada a água do caudal principal e do caudal da bomba de corrente. Nela entra novamente água que passa pelo escumador de proteínas e pela bomba de calor.

Directamente no tanque, entra água que provém do filtro de cartuxo e ultra-violeta.

2.2.8. Iluminação

Para a iluminação do tanque serão necessários dois projectores de 1000 W – iodetos metálicos - especiais para aquários e com um índice cromático na ordem dos 100%, de forma a aproximar a luminosidade o mais possível da realidade do habitat da espécie, e a evidenciar a coloração dos corais. Como é evidente para manter todo este sistema a funcionar é necessária energia eléctrica. Na figura 2 apresenta-se o esquema eléctrico para suportar o funcionamento deste tanque.

2.3. Procedimentos de Aquariologia

Para se ter um perfeito funcionamento do tanque é necessário obedecer a rotinas diárias. Isto é, existe um conjunto de procedimentos que são necessários efectuar, tanto no sistema de suporte de vida, como no aquário vivo propriamente dito. Aconselha-se portanto a criar documentos de registo diário para o tanque.

Diariamente é necessário ligar a iluminação do aquário, verificar o nível de água no skimmer e na SUMP de forma a evitar que entre ar no tanque, regular o nível do escumador de proteínas caso seja necessário e lavar o copo. Verifica-se também se todas as bombas estão a funcionar. A monitorização e registo do valor de pH, da temperatura e oxigénio dissolvido deve ser contínua. Parâmetros químicos (alcalinidade, amónia, nitritos, nitratos, fosfato, cálcio) também devem ser periodicamente monitorizados.

2.3.1. Alimentação

Alimentar os corais todos os dias com fase inicial do desenvolvimento larvar de artémia.

2.3.2. Sifonagem do tanque

A limpeza e remoção de partículas, restos de alimento e dejectos devem ser removidos todos os dias também. Para a sifonagem é necessária uma mangueira para aspirar a sujidade da areia do fundo e as partículas em suspensão.

Capítulo III
Cálculos e Tabelas

1. Cálculos e Tabelas

Na montagem e concepção de um sistema de suporte de vida há que ter em conta algumas considerações das áreas da Física, Mecânica e Electricidade. Ainda que qualquer uma delas não seja do âmbito específico deste trabalho, não se pode deixar de referir alguns fundamentos essenciais para o dimensionamento e bom funcionamento de um tanque de coral.

1.1. Dimensionamento da tubagem do caudal volumétrico principal

De acordo com a tabela 1 (última linha a verde), a velocidade máxima admissível no interior de uma tubagem sem que se verifique transição de um caudal laminar para um caudal turbulento ou mesmo fenómenos de cavitação e acréscimos de perdas de carga nas tubagens, são 3 m/s (Quintela, 2007). E é com base neste valor que se farão todos os cálculos.

$$v_{\text{máx}} = 3 \text{ m/s} = 10800 \text{ m/h (velocidade máxima admissível)}$$

$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{h (caudal volumétrico principal)}$$

$$Q = v \times A$$

$$6 = 10800 \times A \Leftrightarrow A = 5,556 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = \pi \times \frac{d_{\text{int}}^2}{4}$$

$$5,556 \times 10^{-4} = \pi \times (d_{\text{int}}^2 / 4) \Leftrightarrow d_{\text{int}} = 2,66 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\Leftrightarrow d_{\text{int}} = 26,6 \text{ mm}$$

$$\Leftrightarrow d_{\text{int}} = 0,026 \text{ m}$$

Tabela 1. Tabela empírica para escolha de diâmetros da tubagem consoante velocidade de passagem de água (Quintela, 2007).

Tubo d25				Tubo d32				Tubo d40				Tubo d50			
V (m/s)	Re	f	h (m/m)	V (m/s)	Re	f	h (m/m)	V (m/s)	Re	f	h (m/m)	V (m/s)	Re	f	h (m/m)
0,5	1,09E+04	3,05E-02	0,01770	0,5	1,41E+04	2,85E-02	0,01280	0,5	1,80E+04	2,67E-02	0,00942	0,5	2,25E+04	2,53E-02	0,00713
0,6	1,31E+04	2,91E-02	0,02432	0,6	1,70E+04	2,72E-02	0,01761	0,6	2,16E+04	2,56E-02	0,01299	0,6	2,70E+04	2,42E-02	0,00984
0,7	1,53E+04	2,80E-02	0,03186	0,7	1,98E+04	2,62E-02	0,02310	0,7	2,52E+04	2,47E-02	0,01705	0,7	3,15E+04	2,34E-02	0,01294
0,8	1,75E+04	2,71E-02	0,04029	0,8	2,26E+04	2,54E-02	0,02924	0,8	2,88E+04	2,39E-02	0,02160	0,8	3,60E+04	2,27E-02	0,01640
0,9	1,97E+04	2,64E-02	0,04959	0,9	2,54E+04	2,48E-02	0,03602	0,9	3,24E+04	2,33E-02	0,02663	0,9	4,05E+04	2,21E-02	0,02023
1	2,19E+04	2,58E-02	0,05975	1	2,83E+04	2,42E-02	0,04343	1	3,60E+04	2,28E-02	0,03213	1	4,50E+04	2,16E-02	0,02443
1,1	2,41E+04	2,52E-02	0,07076	1,1	3,11E+04	2,37E-02	0,05146	1,1	3,96E+04	2,23E-02	0,03809	1,1	4,95E+04	2,12E-02	0,02897
1,2	2,63E+04	2,47E-02	0,08260	1,2	3,39E+04	2,32E-02	0,06011	1,2	4,32E+04	2,19E-02	0,04451	1,2	5,40E+04	2,08E-02	0,03387
1,3	2,85E+04	2,43E-02	0,09526	1,3	3,67E+04	2,28E-02	0,06935	1,3	4,68E+04	2,16E-02	0,05138	1,3	5,85E+04	2,05E-02	0,03911
1,4	3,06E+04	2,39E-02	0,10873	1,4	3,96E+04	2,25E-02	0,07920	1,4	5,04E+04	2,13E-02	0,05870	1,4	6,30E+04	2,02E-02	0,04469
1,5	3,28E+04	2,36E-02	0,12302	1,5	4,24E+04	2,22E-02	0,08964	1,5	5,40E+04	2,10E-02	0,06646	1,5	6,75E+04	1,99E-02	0,05062
1,6	3,50E+04	2,33E-02	0,13810	1,6	4,52E+04	2,19E-02	0,10066	1,6	5,76E+04	2,07E-02	0,07466	1,6	7,20E+04	1,97E-02	0,05688
1,7	3,72E+04	2,30E-02	0,15398	1,7	4,80E+04	2,16E-02	0,11227	1,7	6,12E+04	2,05E-02	0,08330	1,7	7,65E+04	1,95E-02	0,06347
1,8	3,94E+04	2,27E-02	0,17064	1,8	5,09E+04	2,14E-02	0,12446	1,8	6,48E+04	2,02E-02	0,09237	1,8	8,10E+04	1,92E-02	0,07040
1,9	4,16E+04	2,25E-02	0,18810	1,9	5,37E+04	2,12E-02	0,13723	1,9	6,84E+04	2,00E-02	0,10187	1,9	8,55E+04	1,91E-02	0,07766
2	4,38E+04	2,22E-02	0,20633	2	5,65E+04	2,10E-02	0,15057	2	7,20E+04	1,98E-02	0,11179	2	9,00E+04	1,89E-02	0,08524
2,1	4,60E+04	2,20E-02	0,22533	2,1	5,93E+04	2,08E-02	0,16448	2,1	7,56E+04	1,97E-02	0,12215	2,1	9,44E+04	1,87E-02	0,09315
2,2	4,82E+04	2,18E-02	0,24511	2,2	6,22E+04	2,06E-02	0,17895	2,2	7,92E+04	1,95E-02	0,13292	2,2	9,89E+04	1,86E-02	0,10139
2,3	5,03E+04	2,17E-02	0,26566	2,3	6,50E+04	2,04E-02	0,19399	2,3	8,28E+04	1,93E-02	0,14412	2,3	1,03E+05	1,84E-02	0,10995
2,4	5,25E+04	2,15E-02	0,28697	2,4	6,78E+04	2,03E-02	0,20960	2,4	8,64E+04	1,92E-02	0,15574	2,4	1,08E+05	1,83E-02	0,11883
2,5	5,47E+04	2,13E-02	0,30904	2,5	7,06E+04	2,01E-02	0,22576	2,5	9,00E+04	1,90E-02	0,16777	2,5	1,12E+05	1,81E-02	0,12803
2,6	5,69E+04	2,12E-02	0,33188	2,6	7,35E+04	2,00E-02	0,24248	2,6	9,37E+04	1,89E-02	0,18023	2,6	1,17E+05	1,80E-02	0,13755
2,7	5,91E+04	2,10E-02	0,35547	2,7	7,63E+04	1,98E-02	0,25976	2,7	9,73E+04	1,88E-02	0,19310	2,7	1,21E+05	1,79E-02	0,14739
2,8	6,13E+04	2,09E-02	0,37981	2,8	7,91E+04	1,97E-02	0,27759	2,8	1,01E+05	1,87E-02	0,20638	2,8	1,26E+05	1,78E-02	0,15755
2,9	6,35E+04	2,08E-02	0,40491	2,9	8,20E+04	1,96E-02	0,29597	2,9	1,04E+05	1,86E-02	0,22008	2,9	1,30E+05	1,77E-02	0,16803
3	6,57E+04	2,06E-02	0,43076	3	8,48E+04	1,95E-02	0,31491	3	1,08E+05	1,85E-02	0,23418	3	1,35E+05	1,76E-02	0,17882
3,1	6,79E+04	2,05E-02	0,45735	3,1	8,76E+04	1,94E-02	0,33439	3,1	1,12E+05	1,84E-02	0,24870	3,1	1,39E+05	1,75E-02	0,18992
3,2	7,00E+04	2,04E-02	0,48469	3,2	9,04E+04	1,93E-02	0,35443	3,2	1,15E+05	1,83E-02	0,26363	3,2	1,44E+05	1,74E-02	0,20134
3,3	7,22E+04	2,03E-02	0,51278	3,3	9,33E+04	1,92E-02	0,37501	3,3	1,19E+05	1,82E-02	0,27897	3,3	1,48E+05	1,73E-02	0,21307
3,4	7,44E+04	2,02E-02	0,54161	3,4	9,61E+04	1,91E-02	0,39613	3,4	1,22E+05	1,81E-02	0,29471	3,4	1,53E+05	1,73E-02	0,22512
3,5	7,66E+04	2,01E-02	0,57118	3,5	9,89E+04	1,90E-02	0,41780	3,5	1,26E+05	1,80E-02	0,31086	3,5	1,57E+05	1,72E-02	0,23747

Ao ser calculado o diâmetro, este é aproximado ao diâmetro comercial imediatamente superior, de acordo com a tabela 2. Neste caso será o diâmetro 0,028 m.

Tabela 2. Tabela empírica representativa de diâmetros de tubagens (Quintela, 2007).

d_{ext} (mm)	espessura (mm)	D_{int} (m)	$\frac{\varepsilon}{D_{\text{int}}}$
25	1,5	0,022	0,000318
32	1,8	0,028	0,000246
40	1,9	0,036	0,000193
50	2,4	0,045	0,000155
63	3,0	0,057	0,000123
75	3,6	0,068	0,000103
90	4,3	0,081	0,000086
110	5,3	0,099	0,000070
125	6,0	0,113	0,000062
140	6,7	0,127	0,000055
160	7,7	0,145	0,000048
200	9,6	0,181	0,000039
250	11,9	0,226	0,000031
315	15,0	0,285	0,000025

Tendo este valor poderá calcular-se a velocidade de passagem de água na tubagem:

$$Q = v \times A$$

$$6 = v \times \pi \times (0,0028^2 / 4)$$

$$v = 9744,18 \text{ m/h} \Leftrightarrow 2,71 \text{ m/s}$$

Consultando a tabela 2 verifica-se que com esta velocidade não há perigo de cavitação.

Para se determinar em que regime (caudal) o sistema está a trabalhar –regime laminar ou regime turbulento, calcula-se o número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \times d_{int}}{\nu}$$

Sendo ν a velocidade cinemática da água, então:

$$Re = (2,71 \times 0.028) / (1,01 \times 10^{-6})$$

$$Re = 7,513 \times 10^4$$

Consultando novamente a tabela 1 verifica-se o funcionamento em regime laminar.

Para o dimensionamento das restantes tubagens, os cálculos processam-se de igual modo. Assim sendo:

1.2. Tubagem do escumador de proteínas (PSK)

$$Q = 2 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (caudal volumétrico)}$$

$$d_{int} = 0,01541 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro comercial aproximado} = 0,022$$

$$v = 1,46 \text{ m/s}$$

$$Re = 3,180 \times 10^4$$

1.3. Tubagem bomba de corrente

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (caudal volumétrico)}$$

$$d_{\text{int}} = 0,042 \text{ m}$$

Diâmetro comercial aproximado = 0,045

$$v = 2,62 \text{ m/s}$$

$$Re = 1,167 \times 10^5$$

1.4. Tubagem Filtro de cartucho e UV:

$$Q = 3 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (caudal volumétrico)}$$

$$d_{\text{int}} = 0,0188 \text{ m}$$

Diâmetro comercial aproximado = 0,022

$$v = 2,192 \text{ m/s}$$

$$Re = 4,775 \times 10^4$$

Todas as velocidades estão em conformidade, não existe escoamento turbulento, nem perigo de cavitação.

1.5. Bomba de Calor

Para dimensionar a bomba de calor que irá manter o sistema na temperatura pretendida, é necessário calcular a potência a fornecer ou retirar ao fluído. Então:

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c_p \times \Delta T \text{ [kJ/s]}$$

$$\dot{m} = \dot{v} \times \rho \text{ [kg/s]}$$

Calor específico da água a pressão constante (c_p) = 4,186 kJ/kg °C

Massa volúmica da água (ρ) = 1000 kg/m³

Caudal volumétrico que passa na bomba de calor = 1m³/h

Temperatura do tanque = 25°C (+ 273,15) = 298,15K

Temperatura Ambiente = 30°C (+273,15) = 303,15K

Diferencial térmico em escala absoluta Kelvin [K] (ΔT)=[(273,15+30)–(273,15+25)]

Assim sendo:

$$\dot{Q} = [10^3 \times 1] \times 4,186 \times [(273,15+30) - (273,15+25)]$$

$$\dot{Q} = 5,81 \text{ kJ/s} \Leftrightarrow \dot{Q} = 5,81 \text{ kW}$$

È necessária portanto uma bomba de calor com uma potência máxima de 5,81 KW, no entanto nesta fase de dimensionamento deverá ser contemplado um coeficiente de segurança (habitualmente considera-se um coeficiente de 1,5):

$$\dot{Q} = 5,81 \times 1,5 = 8,72 \text{ kW}$$

Conclusões

Para se conseguir o crescimento e desenvolvimento de corais em tanques/aquários, é necessário recriar as condições a que aqueles organismos estão sujeitos no seu habitat natural. Por isso existe toda uma panóplia de equipamentos que em conjunto simulam uma realidade aproximada: Os sistemas de suporte de vida.

Os recifes são um ecossistema com elevada produtividade e seria uma enorme perda se deixarem de existir, porque neles habitam uma grande quantidade de espécies.

Aperfeiçoar técnicas de cultivo e manutenção será uma boa maneira de os manter vivos e de sensibilizar as pessoas para o perigo que os recifes de coral correm se não forem protegidos.

Referências Bibliográficas

Delbeek, J.C. & Sprung, J. 1994^a. The Reef Aquarium – a comprehensive guide to the identification and care of tropical marine invertebrates. Vol. 1. Ricordea Publishing, Florida. pp 11-13.

Delbeek, J.C. & Sprung, J.. 1994^b. The Reef Aquarium – a comprehensive guide to the identification and care of tropical marine invertebrates. Vol. 2. Ricordea Publishing, Florida. pp 47-48.

Delbeek, J.C. & Sprung, J.. 1997. The Reef Aquarium – Science, Art and Technology. Vol. 3. Ricordea Publishing, Florida. pp 155-158.

Ellis, S.. 1999. Farming soft corals for the Marine Aquarium Trade. *Centre for Tropical and Subtropical Aquaculture*, 140: 1-6.

Fossa, S.A. & Nilsen, A.J.. 1996. The Modern Reef Aquarium. Vol 1. Birgit Schmettkamp, Verlag, Bornheim. pp 19-27.

Fossa, S.A. & Nilsen, A.J.. 1998. The Modern Reef Aquarium. Vol 2. Birgit Schmettkamp, Verlag, Bornheim. pp 125-138.

Goreau, T.F., Goreau, N.I., Goreau, T.J.. 1979. Corals and Coral Reefs. *Scientific American*: 124-136.

Lesser, M.P.. 2007. Coral reef bleaching and global climate change: Can corals survive next century? *PNAS*, 104 (13): 5259-5260.

Mumby, P.J. & Stenek, R.S.. 2008. Coral reef management and conservation in light of rapidly evolving ecological paradigms. *Trend in Ecology and Evolution*, 23(10): 555-563.

Quintela, A.C.. 2007. Hidráulica. 10ª edição. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. pp. 210-215.

Veron, J.E.. 2000. Corals of the World. Vol. 1. Australian Institute of Marine Science, Townsville MC. pp 59-64.